Veränderungen

des

zentralen und peripheren Pulses unter verschiedenen Einflüssen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfaßt

und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt

von

Paul Martini

aus Frankenthal.

Griessmayersche Buchdruckerei G. m. b. H. Neuburg a. D.

1913.

Veränderungen

des

zentralen und peripheren Pulses unter verschiedenen Einflüssen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfaßt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt

von

Paul Martini

aus Frankenthal.

Griessmayersche Buchdruckerei G. m. b. H. Neuburg a. D.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität München.

Referent:
Herr Geheimer Hofrat Professor Frank.

Nachdem jetzt die Form des Pulses mit Sicherheit ermittelt werden kann, ist Aussicht vorhanden, aus den Verschiedenheiten der normalen Pulsform, die unter physiologischen Verhältnissen durch bestimmbare Einflüsse erzeugt werden, wertvolle Schlüsse für die Erklärung des normalen und pathologischen Sphygmogramms ziehen zu können.

Frühere Untersuchungen.

Wenn seit von Frey's „Untersuchungen des Pulses" (1892) und den „Studien zur Pulslehre", in denen von Kries 1892 unter anderem die Resultate seiner grösstenteils mit dem Dudgeon'schen Sphygmographen ausgeführten Untersuchungen über Beeinflussung des Radialpulses durch Abkühlung und Erwärmung des Armes, ferner durch Einatmung von Amylnitrit veröffentlichte, jahrelang nur mit geringem Eifer diesem Problem nachgegangen wurde, so lag dies wohl vor allem an dem steigenden Misstrauen in die Zuverlässigkeit der zur Verfügung stehenden Registrierapparate.

1911 erschien die mit dem O. Frank'schen Sphygmographen ausgeführte dem oben angegebenen Ziele zustrebende Arbeit von E. Veiel „Ueber die Bedeutung der Pulsform" (Deutsches Archiv für klinische Medizin Bd 105), in deren 1. Kapitel „Die Pulsform bei vorübergehenden Aenderungen des Kontraktionszustandes der Arterien" behandelt wird. Die Aenderungen wurden erzielt durch kalte und heisse Vollbäder, sowie lokale Kälteapplikation am Arm. Dazu teilt Veiel die von ihm beobachteten Veränderungen der Pulsform bei körperlicher Anstrengung mit. (l. cit. pag. 255)

Er fand: Der Hauptschlag steigt ungleich steiler an und fällt sofort in spitzem Winkel bis zur Abszisse herunter; dann

folgt eine mässige dikrote Welle, ihr schliesst sich sofort der nächste Hauptschlag an. Dagegen bestehen nach von Frey (l. cit. p. 222), die Aenderungen der Pulsform bei Körperarbeit vor allem in einem stärkeren hervortreten der Dikrotie.

Die von v. Kries und Veiel bei Gefässänderungen durch Temperatureinflüsse erhaltenen Kurven können nur dann gemeinsam besprochen werden, wenn die v. Kries'sche Nomenklatur und Auffassung der Erhebungen seiner Pulskurven kommentiert werden dürfen. Wie O. Frank bemerkt („Der Puls in den Arterien", Zeitschrift für Biologie, Bd. 46,) dürfte der v. Kries'sche Nachschlag identisch mit der 2. Erhebung der Reflexionswelle, der 2. Zwischenschlag von Kries der Nebenschlag bezw. die Nachschwingung O. Frank's sein. Den 1. Zwischenschlag von v. Kries nennen wir einfach Zwischenschlag. Auch dann noch wird den nun vor 20 Jahren aufgenommenen Kurven kein zu grosses Vertrauen geschenkt werden können, da die Entstellungen eine sichere Erkennung einer Erhebung oft ganz unmöglich machen.

Gemeinsam ist den von v. Kries (l. cit. p. 113 Fig. 51 c) und Veiel (l. cit. p. 254) bei lokaler Kälteapplikation am Arm erhaltenen Kurven der verstärkte Zwischenschlag; des weiteren ist bei Veiel der Nebenschlag verkleinert, die Reflexionswellen — sekundäre Wellen von ihm genannt — verstärkt und vermehrt. Der Nebenschlag von v. Kries ist dagegen vergrössert, Reflexionswellen finden sich ausser dem Zwischenschlag nicht. Doch liegt die von v. Kries als Nebenschlag bezeichnete Welle wie die ihr vorausgehende Inzisur soweit vom Hauptschlag entfernt, dass wir beide kaum als das ansehen können, als was sie v. Kries ansprach. Vielmehr wird dieser sogenannte Nebenschlag eine Reflexionswelle sein, so dass im ganzen absteigenden Teil der Kurve nur Reflexionswellen zur Geltung kommen. Nach dieser Korrektur können wir behaupten:

v. Kries wie Veiel fanden bei Kontraktion der Armgefässe durch lokale Abkühlung den Zwischenschlag und die Reflexionswellen verstärkt, Veiel ausserdem letztere auch vermehrt und

den Haupt- und Nebenschlag etwas verkleinert. Die gleichen Resultate erhielt Veiel bei kalten Vollbädern (l. cit. p. 254).

Während sich in den soeben besprochenen Versuchen kein Unterschied zeigte zwischen Resultaten bei lokaler Kälteapplikation einerseits und kaltem Vollbad andererseits, blieb die v. Kriessche Kurve, bei lokaler Erwärmung des Armes aufgenommen, der normalen gleich, wogegen Veiel bei warmem Vollbad die Gestalt seiner Kurve sich wesentlich verändern sah. Der Hauptschlag wurde kleiner, noch mehr der Nebenschlag, der wie die Reflexionswellen oft völlig verschwand. Warum Wärme nicht den bei Kälte beobachteten Erscheinungen analoge Resultate erzeugt, darüber wird später zu sprechen sein.

Die Wirkung des Amylnitrits auf die Pulsform teilt v. Kries in zwei Stadien (l. cit. p. 119). Das erste wird wenige Schläge nach Beginn der Einatmung sichtbar und charakterisiert durch tiefes und rasches Absinken nach dem Maximum der Kurve und das Fehlen sämtlicher Erhebungen mit Ausnahme des Hauptschlags, der aber auf beiden bei v. Kries abgebildeten Beispielen verkleinert ist. Der Nebenschlag ist höchstens noch angedeutet. Das zweite Stadium löst das erste nach circa 12 Schlägen ab. Der Puls ist hier ausgesprochen dikrot. Meist sind Hauptschlag und der stark ausgebildete Nebenschlag die einzigen Erhebungen. Allmählich erscheint auch der Zwischenschlag wieder. Ersterer ist wie der Nebenschlag, wenn auch nicht in gleich starkem Masse, wieder gewachsen.

Versuchsanordnung.

Nachdem die bisherigen Untersuchungen sich wesentlich auf den peripheren Puls beschränkt hatten, nahmen wir zugleich den zentralen (Subclavia) und peripheren (Radialis) Puls auf, mehrere Male dazu noch den Puls der art. brachialis, oder nur Brachialis und Radialis-Puls zusammen. Unsere Versuchsanordnung war dabei folgende:

Für die Aufnahme des zentralen Pulses diente ein offener Trichter von 2 cm Durchmesser, welcher durch einen Trieb auf

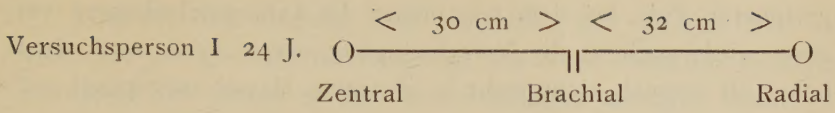
die am stärksten pulsierende Stelle der Supraklavikulargrube angepresst wurde. Derselbe stand durch einen ca 55 cm langen Gummischlauch von 4 mm Lumen und 1,5 mm Wandstärke in Verbindung mit einer Frank'schen mit Condom-Membran überzogenen Segmentkapsel von 8 mm bezw. 1 cm Durchmesser; auf der Segmentkapsel war ein kleiner Spiegel aufgeklebt. Durch diesen wurde in üblicher Weise das Bild eines Nernst-Stäbchens auf den Schlitz eines Frank'schen Kymographions mit endlosem Film entworfen. (Opt. Hebellänge = 108 cm.)

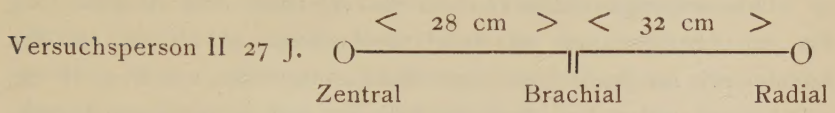
Zur Aufnahme des peripheren Pulses diente ein neuer Transmissionssphygmograph nach O. Frank, welcher in gleicher Weise mit einer Segmentkapsel in Verbindung stand.

Den Brachialis-Puls nahmen wir zunächst durch einen fest um den Oberarm gezogenen und durch eine Quetschklemme verschlossenen Gummischlauch, welcher durch ein ⊤ Rohr mit einer Segmentkapsel in Verbindung stand, auf. Später bedienten wir uns eines 4 cm breiten Bandes, auf dessen Innenseite ein an einem Ende verschlossener Gummischlauch befestigt war. Derselbe war durch ein Winkelrohr und eine Oeffnung in dem Band nach aussen geführt, sodass man ihn mit einer Segmentkapsel in Verbindung bringen konnte. Dieses Band wurde vermittels einer Schnalle um den Oberarm gezogen, sodass der Gummischlauch zirkular durch das Band um den Oberarm gepresst wurde. Das Band wurde nur so stark angezogen, dass der periphere Puls keinerlei Veränderungen zeigte.

Es wurde stets dieselbe Schlauchsorte verwandt. Ueber in den einzelnen Fällen verwandte Schlauchlängen, sowie über die Konstanten der Kapsel geben die Protokolle Auskunft.

Als Versuchspersonen dienten zwei Herren des Instituts im Alter von 24 und 27 Jahren. Es wurden bei gleichzeitiger Aufnahme verschiedener Pulse meist die Pulse desselben Armes aufgenommen. Ueber die Aufnahmestellen und deren Abstände von einander gibt beistehende Zeichnung Aufschluss:





Die Versuche wurden von 6. VI. 13. — 31. VII. 13. ausgeführt. Bei der Arbeit sind auch die Versuche herangezogen worden, die 1911 von Herrn Wiener im Physiologischen Institut ausgeführt wurden.

Unsere Versuche.

Sie bezogen sich auf Pulsveränderungen bewirkt durch:

1) Körperliche Anstrengung.
2) Amylnitrit — gefässerweiterndes Mittel.
3) Erstickung — Vagus-Reizung.

Auf Gefässverengerung bezw. -Erweiterung durch kalte bezw. heisse Bäder u. a. in Betracht kommende Mittel mussten wir verzichten, machten aber die hier, soviel ich sehe, zum ersten Male beschriebenen Versuche bei Erstickung.

Als körperliche Anstrengung wählten wir dreimaliges ohne Unterbrechung erfolgendes Hinauf- und Herunterlaufen auf einer 5 m hohen Wendeltreppe. Wir fanden an der Subclaviakurve: Die Frequenz ist stark gesteigert,

die Anfangsschwingung nicht selten verstärkt,
die Hauptschwingung hoch und steil,
die Zwischenschwingung bedeutend kleiner als in der Norm,
die Nachschwingung von normaler Höhe,
die Reflexionswellen darnach verschwunden.

Kurz vor dem Wiederanstieg zum nächsten Puls erscheint eine auffallend deutliche Vorschwingung, die als Vorhofkontraktionswelle zu erklären ist. Im ganzen gilt das Gesagte auch für den

peripheren Puls, bei dem wie immer die Anfangsschwingung vermisst wird; auch ist die Vorschwingung, wenn auch noch deutlicher als normal, nicht mehr in gleichem Masse ausgeprägt.

Ein sofortiges Absinken der Kurve nach dem Hauptschlag bis zur Abszisse, wie es Veiel beobachtete (l. cit. p. 256 ff.), konnten wir nie bemerken; doch stimmen wir ihm von Frey (l. cit. p. 222) gegenüber bei, dass die Dikrotie sich in mässigen Formen hält und die Pulsform wesentlich vereinfacht wird.

Dass die Form des Sphygmogramms durch Körperanstrengungen irgendwie verändert wird, kann uns nicht überraschen, bei den auffallenden durch sie bewirkten Veränderungen im Kreislaufsystem. In der Hauptsache bestehen diese in gesteigerter Pulsfrequenz und erhöhtem Blutdruck, vermehrtem Schlagvolumen, erweiterten peripheren und in höherem Masse verengten Splanchnicusgefässen. Wir benötigen sie teilweise zur folgenden Erklärung der Veränderungen des Sphygmogramms:

Die Verstärkung der Anfangsschwingung wird nach O. Frank („Der Puls in den Arterien") hervorgerufen durch raschen und steilen Anstieg der systolischen Kurve. Dies trifft beim Anstrengungspuls zu (Versuch 12, Nr. 8 und 12: In der Anstrengungskurve Nr. 12 fällt der Hauptschlag in der Subclavia und in der Radialiskurve 0,03 Sek. früher als in der Normalkurve), sodass diese Erscheinung hinreichend begründet ist.

Die Zwischenschwingung und die Reflexionswellen sind, da ihre Entstehungsursache die gleiche ist, aus den gleichen Gründen auch abgeschwächt, d. h. infolge der durch die Erweiterung der peripheren Gefässe verschlechterten Reflexions- und Fortpflanzungsbedingungen. Andererseits werden sie begünstigt durch den hohen Blutdruck, der die Fortpflanzungsbedingungen keine ganz ungünstigen werden lässt, und so bleiben sie immerhin noch sichtbar. Die Reflexionswellen wären zum Teil auch ohne den soeben genannten Grund verschwunden, da sie wegen der Kürze des absteigenden Schenkels nicht alle zur Geltung kommen könnten.

Die Nachschwingung wird verstärkt; der Grund dafür ist vielleicht der gesteigerte Blutdruck, der einen besonders kräftigen Rückstoss des Blutes an den Aorten-Klappen erzeugen muss.

Ich glaube nicht die oben als Vorhofkontraktionswelle erklärte Vorschwingung als Reflexionswelle deuten zu müssen. Abgesehen davon, dass das Auftreten einer einzigen sehr starken derartigen Erscheinung bei Abschwächung oder gar Fehlen aller anderen Erhebungen des absteigenden Schenkels, von denen wir glauben, dass sie durch Reflexion erzeugt oder wenigstens gefördert werden, in hohem Grade unwahrscheinlich ist, wäre es absolut unerklärlich, wie gerade an dieser Stelle des Pulses eine Reflexion oder Eigenschwingung eine solche Welle hervorrufen sollte. Zwar gibt O. Frank (l. cit. p. 499) an, dass die Vorhofswelle bei hohem Druck verschwinde oder doch kleiner werde. Bei der Betrachtung unsres Falles ist aber zu bedenken, dass hier nicht nur erhöhter Druck, sondern vor allem eine sehr gesteigerte Herz- und damit auch Vorhofstätigkeit vorliegt, welch letztere wohl im Stande sein wird, eine starke Pulswelle zu erzeugen.

Die Veränderungen des Sphygmogramms nach Einatmung von Amylnitrit können nicht einheitlicher Natur sein. Dieser Behauptung von v. Kries (l. cit. p. 119) können wir ebenso wie dem grössten Teil seiner Ergebnisse zustimmen. So extreme Veränderungen der Pulsform wie er fanden wir im ersten Stadium der Wirkung allerdings nicht. Wenn wir einen Teil der Wellen, die v. Kries als verschwunden angibt, als „verflacht" bezeichnen, haben sich unsere Resultate schon sehr genähert. Ein prinzipieller Unterschied zwischen den Ergebnissen besteht nur hinsichtlich des Absinkens nach dem Hauptschlag Bei v. Kries (1. cit. p. 120, Fig. 42) sinkt die Kurve rasch und steil bis zur Abszisse, wogegen sich bei uns das Absinken in normalen Grenzen hält.

Wir fanden bei Betrachtung der im ersten Stadium der Amylnitritwirkung gewonnenen Subclaviakurven (wo nichts besonderes bemerkt, verhält sich die Radialiskurve ebenso, abgesehen

von den schon normaler Weise nur im zentralen Puls zu findenden Erhebungen):

Die Anfangsschwingung ist undeutlich geworden; besonders ist dies auffallend im Wien. Vers. 21, Nr. 12, obwohl die Schwingung im kurz zuvor aufgenommenen Puls Nr. 11 noch selten stark ausgebildet ist.

Die Kurve fällt nach der Hauptschwingung rasch und steil bis zur Inzisur, wobei die Zwischenschwingung sehr abgeflacht wird, der Zwischenschlag im peripheren Puls ganz verschwindet.

Die Nachschwingung resp. der Nebenschlag ist in der Subclavia wie Radialis klein, doch wiederum in letzterer noch bedeutend geschwächter wie zentral.

Die Reflexionswellen werden in beiden Pulsen (zentral und peripher) seichter, in der Subclavia verschwinden sie fast ganz.

Die Vorschwingung bleibt gleich oder wird etwas deutlicher.

Wie bei den Anstrengungspulsen wollen wir uns hier vor dem Versuch die wahrgenommenen Veränderungen zu erklären, die Hauptwirkungen des Amylnitrits auf das Kreislaufsystem ins Gedächtnis rufen:

Die Pulsfrequenz wird schon nach wenigen Schlägen gesteigert und der Blutdruck herabgesetzt; die peripheren Gefässe werden erweitert. Zuerst nur die der oberen Körperhälfte, später alle; die Splanchnicusgefässe werden von der gefässerweiternden Wirkung kaum betroffen.

Nach unseren Anschauungen über Reflexionen in weiten und engen Schläuchen fällt es nicht schwer für die gefundene Veränderung des Sphygmogramms eine Erklärung zu geben. Alle Erhebungen, die von Reflexionen hervorgerufen oder durch sie gestärkt sind, müssen geringer werden: Der Zwischenschlag, die Reflexionswellen und auch der Nebenschlag des Radialispulses. So ist es auch. Der schwache Rückstoss des unter niederem

Drucke stehenden Blutes bewirkt weiters eine nur schwache Nachschwingung und ebensolchen Nebenschlag, der also doppelt ungünstig beeinflusst wird. In anderem Sinne sind doppelt ungünstig beeinflusst die Reflexionswellen im zentralen Puls, die 1) in der Peripherie schon schwach entstehen, 2) offenbar beim Weg zum zentralen Puls schlecht fortgeleitet werden.

Das 2. Stadium der Amylnitrit-Wirkung scheint sich — bei Fortsetzung der Einatmung — sehr lange zu erhalten. Wir fanden bei einem Versuch, den wir nach 4 Minuten langem Einatmen machten, ganz ähnliche Veränderungen wie v. Kries nach kaum $^1/_2$ Minute:

Der Zwischenschlag war im Subclavia-Puls immer noch etwas flacher als in der Norm.

Die Inzisur war bedeutend vertieft; in der Radialiskurve sank der katakrote Schenkel sofort nach dem Hauptschlag fast bis zur Abszisse.

Ihr folgte im Subclavia-Puls eine kräftige Nachschwingung, in der Radialis gar ein so starker Nebenschlag, dass der Puls den Charakter des dikrotischen erhielt.

Die Reflexionen schliesslich waren gerade wie der Nebenschlag im Gegensatz zum ersten Stadium verstärkt.

Woher diese dem ersten Stadium teilweise direkt entgegengesetzten Veränderungen? Die tiefe Inzisur, die wir uns gut im Augenblick der stärksten Erweiterung der Gefässe — also ganz zu Beginn der Einatmung — hätten erklären können, finden wir hier, wo andererseits eine Reihe von Momenten den Gedanken in uns erwecken könnte, es habe schon wieder eine reaktive Kontraktion der Gefässe eingesetzt: Die Reflexionswellen sind deutlicher geworden und der Nebenschlag in der Radialiskurve — wohl auch durch Reflexionen — derart verstärkt, dass er von der Tiefe der Inzisur aus gemessen die Nachschwingung um ein Beträchtliches übertrifft, das Analogon zu der Erscheinung beim ersten Stadium, wo Inzisur und Nachschwingung der Subclavia bedeutend seichter resp. flacher verliefen als Inzisur und Nebenschlag der Radialis. Beide sind Folgen der das einemal (1. Stadium)

gänzlich aufgehobenen, das anderemal verstärkten Reflexionen, die nur auf den Nebenschlag, nicht auf die Nachschwingung Einfluss haben. Welche Gefässe sollen sich aber inzwischen kontrahiert haben? Wir können dies mit unserer Methode nicht bestimmen. Trotzdem müssen wir vorderhand annehmen, dass dieser Grund vorliegt; denn an eine zentrale Ursache ist schon aus dem Grund nicht zu denken, weil dann nicht die periphere — wie tatsächlich der Fall — sondern die zentrale Kurve die grösseren Veränderungen gegenüber dem 1. Stadium aufwiese. Sicher zu ergründen werden die Ursachen der Gestaltung des Sphygmogramms im 2. Stadium der Amylnitritwirkung erst dann sein, wenn Näheres über den weiteren Verlauf der Amylnitritwirkung auf das Kreislaufsystem bekannt sein wird.

Im Anschluss an diese Versuche mit dem exquisit gefässerweiternden Mittel sei noch auf die oben erwähnten Gefässbeeinflussungen durch Wärme und Kälte zurückgekommen. Die Verkleinerung des Nebenschlags und das Verschwinden der Reflexionswellen bei warmem Vollbad sind zwei Erscheinungen, die wir, nachdem das Kreislaufsystem durch sie in ähnlicher Weise beeinflusst wird wie durch Amylnitrit, auch ebenso werden erklären dürfen wie die parallelen Erscheinungen dort, also wie v. Kries (l cit p. 113 ff) und Veiel (l. cit. p. 254 ff mit der Aufhebung der Reflexion durch Erschlaffung der peripheren Gefässe; ich füge dazu: und mit dem niederen Blutdruck.

Die Verstärkung des Zwischenschlags und der Reflexionswellen bei lokaler Kälteapplikation und kaltem Vollbad erklärt sich ohne Zwang aus der Kontraktion der Gefässe und dem erhöhten Blutdruck. In die Erklärung nicht passend ist die Angabe Veiel's, dass der Nebenschlag verkleinert sei — falls nicht hier wie bei unseren später zu besprechenden Erstickungsversuchen der Druck nach dem Hauptschlag wegen der Verengerung der peripheren Gefässe so langsam absinkt, dass er durch den von ihm selbst hervorgerufenen Rückstoss nicht mehr in beträchtlichem Masse gesteigert werden kann.

Im Anschluss an die Feststellung, dass kalte Vollbäder und lokale Abkühlungen am Arm den gleichen Effekt auf die Gestaltung des Sphygmogramms haben, nicht aber warme Vollbäder und lokale Erwärmung — letztere veränderte nach v. Kries (1. cit. p. 114) die Kurve so viel wie nicht — verwies ich auf eine spätere Besprechung der Frage. Es erscheint mir wohl denkbar, dass in einem Glied, hier dem Arm, erzeugte starke Reflexionen, die sich zu normalen Reflexionswellen hinzuaddieren, diese stärker in positivem Sinne beeinflussen, d. h. verstärken können, als dass das Ausbleiben von Reflexionen in einer Extremität die normalen Reflexionswellen negativ beeinflussen, d. h. sie abschwächen könnte. Dies will keine hinreichende Erklärung, sondern lediglich ein Erklärungsversuch sein.

Es bleibt noch der Bericht über unsere Ergebnisse bei Erstickungsversuchen:

Die Anfangsschwingung verhielt sich in verschiedenen Versuchen verschieden, bald wurde sie stärker, bald verschwand sie. Darum werde ich sie bei den folgenden Erörterungen unberücksichtigt lassen.

Die Zwischenschwingung (Subclavia) war so stark ausgebildet, dass sie meist die Hauptschwingung überragte; ebenso übertraf der Zwischenschlag in der Radialis stets weit die normale Höhe, oft auch den zugehörigen Hauptschlag.

Einer geringen Inzisur folgte eine mässigstarke Nachschwingung, bezw. Nebenschlag.

Ihnen schlossen sich die Reflexionswellen an, die an Zahl die der Normalkurven übertrafen, doch dabei den Eindruck des Unregelmässigen machten.

Bekanntlich bildet dyspnoisches Blut einen sehr heftigen Reiz für die Vaguszentren, so dass es zu einer Pulsverlangsamung kommt; die Steigerung des Blutdrucks wird hervorgerufen durch die Reizung des bulbären Gefässzentrums und folgende Verengerung besonders des Splanchnicus-Gebietes aber auch peripherer Gefässgebiete.

Obwohl der Puls verlangsamt ist, fällt doch stets die Hauptschwingung bezw. der Hauptschlag früher als in der Norm. (in Vers 8, Nr. 2 u. 4: 0,03 Sek. bezw. 0,02 Sek.; in Vers. 12, Nr. 8 u. 11: 0,02 Sek bezw. 0,01 Sek ; in Vers. 14 Nr. 1 u. 2: 0,023 Sek. bezw. 0,01 Sek.) Hier ist der Gedanke naheliegend, dass zentrale Einflüsse mit im Spiele sind; um dies zu beweisen, müsste der Tierversuch herangezogen werden.

Die Kontraktion nicht nur der peripheren sondern auch der Splanchnicus-Gefässe lässt im Verein mit dem hohen Blutdruck die Entstehungsbedingungen für Reflexionen günstige werden. So nur kann die Zwischenschwingung die oben beschriebene Höhe erreichen. Die Unregelmässigkeit der Reflexionswellen nach dem Nebenschlag (bezw. Nachschwingung wurde nur in den Erstickungskurven von uns beobachtet. (siehe Anmerkung!) Da die Kurve nach der Hauptschwingung (bezw. Hauptschlag) wohl wegen der engen peripheren Gefässe nicht stark absinkt, kann sich kein besonders hoher Nebenschlag ausbilden, trotz kräftigen Rückstoss des Bluts nach dem Aortenklappenschluss und trotz der Reflexionen.

Die Brachialis-Kurve, die wir in Vers. 14 Nr. 2 zusammen mit Radialis-Kurve, aufnahmen, zeigte die gleichen Veränderungen wie soeben aufgeführt. Die Zwischenschwingung ist hier so über die Hauptschwingung hinausgewachsen und hat diese auch den ansteigenden Schenkel der Kurve verdrängt, dass letzterer leicht für die Anfangsschwingung gehalten werden könnte, sie selbst aber für die Hauptschwingung. Sicherheit gab uns erst der Vergleich mit Haupt- und Zwischenschlag der gleichzeitig aufgenommenen Radialis-Kurve. Zusammenfassend lassen sich die Erscheinungen bei der Erstickung so beschreiben, dass der periphere Puls dem centralen immer ähnlicher wird, was nach Mitteilungen von Herrn Professor Frank in ausgezeichneter Weise durch den Tierversuch gezeigt werden kann.

Anmerkung: Mir erscheint die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass aus dem Splanchnicus-Gebiet stammende starke Reflexionswellen, die anderen Reflexionswellen kreuzen und so das erwähnte Bild verursachen. Dann müssen wir annehmen, dass bei normalweiten Splanchnicus-Gefässen die hier störend wirkenden Reflexionswellen nicht die Stärke erlangen um einen merklichen Einfluß auf die Gestaltung des Pulses ausüben zu können.

Zusammenfassung.

Für die Gestaltung des Sphygmogramms ist nach unseren Untersuchungen vor allem massgebend der Kontraktionszustand der peripheren Gefässe und der Blutdruck. Die Veränderungen des Kontraktionszustandes sowohl wie die des Blutdrucks verändern die physikalischen Konstanten des betreffenden Systems, indem 1) die Weite der Gefässe verändert wird und 2) die Elastizitätskonstanten. Unter der Voraussetzung gleichen Blutdrucks verändert eine stärkere Kontraktion der Gefässmuskulatur die Gefässe im Sinne einer Verengerung und Erhöhung des Elastizitätsmoduls. (Der Elastizitätmodul der Gefässe ist nicht linear). Schliesslich erleiden bei Herabsetzung der Kontraktion und des Blutdrucks die Gefässe eine Veränderung im Sinne einer Erweiterung und einer Erniedrigung des Elastizitätsmoduls. Was die Leitungsfähigkeit des Systems anlangt, so dürfte die Veränderung der Gefässweite, welche hier eine Veränderung der wirksamen Masse (O. Frank „Haemodynamik" Tigerstedt's Handbuch der physiolog. Methodik) bedeuten würde, zurücktreten gegenüber einer Veränderung des Elastizitätsmoduls, da die Veränderungen der Weite sicher klein sind im Verhältnis zur Weite der Gefässe. Dementsprechend ist bei hohem Elastizitätsmodul die Fortpflanzung des zentralen Pulses am besten, d. h. der periphere Puls sieht dem zentralen am ähnlichsten, andererseits ist die Rückwirkung (Vgl. O. Frank), am grössten, d. h. im zentralen Puls treten die von der Peripherie bedingten Erscheinungen am stärksten hervor. Bei niederem Elastizitätsmodul wird der Puls beim Uebergang vom Zentrum zur Peripherie am meisten verändert, während die Rückwirkung am geringsten wird, d. h. die Form des zentralen Pulses nähert sich am meisten der Grundform des arteriellen Pulses. Berücksichtigt man diese Feststellung und analysiert in jedem Falle die Zustände im Gefässsystem nach den soeben gegebenen Gesichtspunkten, so gelingt es die Veränderungen des Pulses unter verschiedenen Einwirkungen zu erklären.

In Fällen, in denen nach den bisherigen Angaben durch eine Einwirkung verschiedene Effekte auf verschiedene Teile des Gefässsystems erzielt werden, wird wahrscheinlich eine Kombination zweier Wirkungen in dem Sinne erfolgen können, dass die Rückwirkung von dem einen Teil des Gefässsystems die Form des zentralen Puls verändert und diese Veränderungen dann auf andere Teile der Peripherie übertragen werden. (Vgl. unsere Erstickungsversuche und die Versuche mit kalten Bädern von E. Veiel).

Frequenzänderung und vermehrtes Schlagvolumen scheinen die Pulsform nicht wesentlich zu verändern. Die erstere wirkt höchstens auf die Vorschwingung, das letztere auf die Höhe des Hauptgipfels, alle anderen Veränderungen des Sphygmogramms sind zurückzuführen, auf die veränderten mechanischen Konstanten des peripheren Gefässsystems — auch die Veränderung der Nachschwingung bei hohem Blutdruck, bei der lediglich nicht das periphere Gefässsystem sondern das Aortensystem in Betracht kommt. —

Herrn Professor Frank, meinem hochverehrten Lehrer, für die Ueberlassung der Arbeit und sein derselben stets erwiesenes Interesse tiefgefühlten Dank zu sagen, ist mir eine angenehme Pflicht.

Besonders herzlichen Dank schulde ich Herrn Dr. Brömser für seine ebenso unentbehrliche wie unermüdliche Hilfe bei den Versuchen und seine wertvollen Ratschläge. —

Die Ueberarbeitung des Versuchsmaterials ist durch den Krieg nicht vollständig möglich gewesen. Sie wird bei einer späteren Veröffentlichung ergänzt werden Insbesondere werden dann die Kurven, welche die Grundlage meiner Darstellung bilden, reproduziert werden. Sie verbleiben im Besitz des physiologischen Instituts.

Versuchsprotokolle.

Versuch 7.) 24. VII. 1913.

Versuchsperson I.: Dr. Brömser.

Zentraler Puls: links.

Peripherer Puls: rechts.

1.) Normale Pulse. Hierauf:

Atemangehalten!

2.) Zugleich mit Atemanhalten beginnend.

3.) An 2.) direkt anschliessend.

4.) Nachdem Atem 1 Min. angehalten. Hierauf:

1 maliges kurzes **Atemholen,** und sofortiges **Atemwiederanhalten**.

5.) Zugleich mit Atemwiederanhalten beginnend. Hierauf:

Atemholen!

6.) Sofort nach Beginn der Atmung.

7.) 30 „ „ „ „ „ .

8.) 1 „ „ „ „ „ .

Versuch 8.) 25. VII. 1913.

Versuchsperson II.: Martini.

Zentraler Puls: links.

Peripherer Puls: rechts.

1.) Normale Pulse.

2.) „ „ . Hierauf:

Atemanhalten!

3.) Kurz nach Atemanhalten beginnend (bei Ende d. Aufnahme ist der Atem 30" angehalten).

4.) An 3) anschliessend (bei Ende d. Aufnahme ist der Atem 1' angehalten).

Atemholen!

5.) 20" nach Beginn der Atmung.

Versuch 9.) 25. VII. 1913.

Versuchsperson I.: Dr. Brömser.

Zentraler Puls
Peripherer Puls } links

1.) Normale Pulse.

2.) „ „ .

Atemanhalten!

3.) Mit Atemanhalten beginnend.

4.) Nachdem Atem 20" angehalten.

5.) „ „ 40" „ .

Atemholen!

6.) Nach den ersten Atemzügen.

7.) 20" nach Beginn der Atmung.

8.) 50" „ „ „ „ .

Versuch 10.) 25. VII. 1913.

Versuchsperson I.: Dr. Brömser.

1.—4.) Zentraler Puls: links.

5.—8.) Zentraler Puls
Peripherer Puls } links.

NB! 2 Segmentkapseln von 0,8 cm Durchmesser mit (2 mm)^2 Spiegel.
1 Segmentkapsel von 1,0 cm Durchmesser mit 3 : 4 mm Spiegel.
Verwandte Schläuche: der eine 83 cm lang, der andere 56 cm lang.

1.) Kapsel 1,0 cm, Schlauch 83 cm
2.) „ 0,8 cm, „ 56 cm
3.) „ 1,0 cm, „ 56 cm
4.) „ 0,8 cm, „ 83 cm
} **Erstickungspulse**

Atemanhalten!

5.) Beginnend mit Atemanhalten.
[Anordnung wie 2.) Kapsel 0,8 cm Schlauchlänge 56 cm].

6.) Nachdem Atem 30" angehalten.
Atemholen! und **wieder Atemanhalten!**

7.) Nachdem Atem 1' angehalten.
Atemholen!

8.) Nach den ersten Atemzügen.

Versuch 11.) 26. VII. 1913.

Versuchsperson: Körber.

Zentraler Puls } rechts
Peripherer Puls }

1.) Normale Pulse.

Atemanhalten!

2.) Nachdem Atem 15" angehalten.

Atemholen! und **wieder Atemanhalten!**

3.) Nachdem Atem 15" angehalten.

Atemholen! und **wieder Atemanhalten!**

4.) Nachdem Atem 25" wieder angehalten.

Atemholen!

5.) 20" nach Beginn der Atmung.

Atem wieder angehalten!

6.) Nachdem Atem 20" wieder angehalten.

Atemholen!

7.) 1' nach Beginn der Atmung.

Versuch 12.) 29. VII. 1913.

Versuchsperson I.: Dr. Brömser.

Anordnung I. Segmentkapsel von Durchmesser 1,0 cm, Schlauchlänge 50 cm.

Anordnung II. Segmentkapsel von Durchmesser 0,8 cm, Schlauchlänge 57 cm.

Anordnung III. Segmentkapsel von Durchmesser 0,8 cm, Schlauchlänge 38 cm.

A. Zentraler Puls (Anordnung II.) und Brachialis Puls (Anordnung III.) N = 1 — incl. 7.
B. Zentraler Puls (Anordnung II) und Radialis Puls (Anordnung III.) N = 8 — incl. 17.

} links

A. Subclavia und Brachialis.

1.) Normale Pulse.

Atemanhalten!

2.) Nachdem Atem 10" angehalten.

3.) „ „ 40" „ .

Atemholen!

4.) Nach den ersten Atemzügen.

Anstrengung! *)

5.) 15" nach Anstrengung.
Sofort nach Nr. 5.) **Atemanhalten!**

6.) Nachdem Atem 10" angehalten.

Atemholen!

7.) 1'20" nach Beginn der Atmung.

B. Subclavia und Radialis.

8.) Normale Pulse.

Atemanhalten!

9.) Nachdem Atem 15" angehalten.

10.) „ „ 35" „ .

Atemholen!

11.) Nach den ersten Atemzügen. Nach 2'45" :

Anstrengung! *)

12.) 1' nach Anstrengung. Sofort anschliessend:

Atemanhalten!

13.) Nachdem Atem 10" angehalten.

Atemholen!

14.) 20" nach Beginn der Atmung.

15.) 4' „ „ „ „ .

Ainatmen von Amylnitrit!

16.) Kurz nach Beginn der Amylnitriteinatmung

17.) 1' nach „ „ „ ; während der Aufnahme Schluss der Amylnitriteinatmung.

---

*) s. S. 7!

Versuch 13.) 30. VII. 1913.

Versuchsperson I.: Dr. Brömser.

Brachialispuls (Anordnung I. s. Vers. 12.) !)
Subclaviapuls („ II. s. Vers. 12.) !)
Radialispuls („ III. s. Vers. 12.) !)
} links.

1.) Normale Pulse.

Atemanhalten!

2.) Nachdem Atem 45" angehalten

Atemholen!

3.) Nach Beginn der Atmung.

4.) Erstickung? oder während Atmung? *)

5.) Nach ca 3' Atmung.

Atemanhalten!

6.) Nachdem Atem 30" angehalten.

**) Protokoll hier wegen Betriebsstörungen ungenau!

Versuch 14.) 30. VII. 1913.

Versuchsperson II.: Martini.

Brachialis Puls (Anordnung I. s. Vers. 12.)
Radialis Puls („ III. s. Vers. 12.)
} links.

1.) Normale Pulse.

Atemanhalten!

2.) Nachdem Atem 25" angehalten.

3.) „ „ 45" „ .

Atemholen!

4.) Nach Beginn der Atmung.

5.) „ „ „ „ .

6.) „ „ „ „ .

7.) 3' nach „ „ „ .

Tabellen.

Versuch 8.)

Subclavia.			Radialis.		
	Nr. 2. Normal	Nr. 4. Erstikkung		Mr. 2. Normal	Nr. 4. Erstikkung
	Zeit in Sekunden			Zeit in Sekunden	
Fusspunkt	0,00	0,0	Fusspunkt	0,0	0,0
Anfangsschwingung	0,075	0, ?	—	–	—
1. minimum	0,132	0, ?	—	—	—
Hauptschwingung	0,174	0,142	Hauptschlag	0,116	0,095
2. minimum	0.213	0,190	1. minimum	—	0,181
Zwischenschwingung	0,250	0,237	Zwischenschlag	—	0,221
Inzisur = 3. min.	0,290	0,278	Inzisur = 2. min.	0,290	0,308
Nachschwingung	0,312	0,292	Nebenschlag	0,382	0,371
4 minimum	0,340	0,316	3. minimum	0,556	0,495
Eigenschwingung	0,448	0,387	Reflexionsschwingung	—	0,655
5. minimum	0,664	0,513	4. minimum	—	0,757
Vorschwingung	0,730	0,711	Vorschwingung	0,673	0,877
Fusspunkt	0,937	0,948	Fusspunkt	0,937	0,948

Versuch 12.)

Subclavia.				Radialis			
	Nr. 8. Normal	Nr. 11. Erstickung	Nr. 12. Anstrengung		Nr. 8. Normal	Nr. 11. Erstickung	Nr. 12. Anstrengung
	Zeit in Sekunden				Zeit in Sekunden		
Fusspunkt	0,0	0,0	0,0	Fusspunkt	0,00	0,00	0,00
Anfangsschwingung	0,046	0,052	0,034	—	--	—	—
1. minimum	0,086	0,097	0,086	—	—	—	—
Hauptschwingung	0,140	0,117	0,107	Hauptschlag	0,097	0,091	0,068
2. minimum	0,211	0,182	0,167	1. minimum	0,189	0,156	0,174
Zwischenschwingung	0,287	0,228	0,228	Zwischenschlag	0,258	0,228	0,214
Inzisur				Inzisur			
= 3. min.	0,324	0,318	0,260	= 2. min.	0,346	0,331	0,288
Nachschwingung	0,334	0,331	0,275	Nebenschlag	0,416	0,397	0,348
4. minimum	0,378	0,370	0,315	3. minimum	0,529	0,512	0,482
Eigenschwingung	—	—	0,348	—	--	—	—
Reflexionsschwingung	0,443	0,428	—	Reflexionsschwingung	0,675	0,620	—
5. minimum	0,594	0,670	0,570	4. minimum	0,780	0,780	—
Reflexionsschwingung	—	?	—	Reflexionsschwingung	—	0,877	—
6. minimum	—	?	—	5. minimum	—	0,975	—
Vorschwingung	0,874	1,079	0,67	Vorschwingung	0,862	1,079	0,670
„Einbiegung“?	0,908?	1,115?	0,717?	—	—	—	—
Fusspunkt	0,94	1,137	0,737	Fusspunkt	0,940	1,150	0,737

Versuch 14.)

Brachialis.			Radialis		
	Nr. 1. Normal	Nr. 2. Erstickung		Nr. 1. Normal	Nr. 2. Erstickung
	Zeit in Sekunden			Zeit in Sekunden	
Fusspunkt	0,00	0,00	Fusspunkt	0,00	0,00
Hauptschlag	0,147	0,124	Hauptschlag	0,117	0,110
1. minimum	0,188	0,181	1. minimum	0,188	0,168
Zwischenschlag	0,234	0,258	Zwischenschlag	0,239	0,246
Inzisur = 2. min.	0,284	0,310	Inzisur = 2. min.	0,284	0,313
Nebenschlag	0,381	0,372	Nebenschlag	0,381	0,388
3. minimum	0,527	0,610	3. minimum	0,520	0,539
Reflexionswelle	0,680	0,745	Reflexionswelle	0,638	0,717
4. minimum	0,850	0,860	4. minimum	0,850	0,861
Reflexionswelle	—	0,937	Reflexionswelle	—	0,967
5. minimum	—	1,014	5. minimum	—	1,015
Vorschwingung	0,937	1,062	Vorschwingung	1,003	1,072
Fusspunkt	1,097	1,191	Fusspunkt	1,097	1,192

Wiener'scher Versuch 21.)

Subclavia.			Radialis.		
	Nr. 11. Normal	Nr. 12. Amyl-nitrit		Nr. 11. Normal	Nr. 12. Amyl-nitrit
	Zeit in Sekunden			Zeit in Sekunden	
Fusspunkt	0,00	0,00	Fusspunkt	0,00	0,00
Anfangsschwingung	0,085	0,051	—	—	—
1. minimum	0,117	0,089	—	—	—
Hauptschwingung	0,171	0,105	Hauptschlag	0,117	0,094
2. minimum	—	0,140	1. minimum	0,210	—
Zwischenschwingung	—	0,222	Zwischenschlag	0,243	—
Inzisur = 3. min.	0,289	0,269	Inzisur = 2 min.	0,289	0,281
Nachschwingung	0,340	0,289	Nebenschlag	0,390	0,331
4. minimum	0,362	0,322	3. minimum	0,546	0,425
Eigenschwingung	0,378	0,363	—	—	—
5. minimum	0,514	0,437	—	—	—
Reflexions-schwingung	0,589	0,526	Reflexions-schwingung	0,702	0,483
6. minimum	0,643	0,777	4. minimum	0,933	0,702
Reflexions-schwingung	0,741	—	—	—	—
7. minimum	0,897	—	—	—	—
Vorschwingung	1,033	0,836	Vorschwingung	1,040	0,850
„Einbiegung“	—	0,916	—	—	—
Fusspunkt	1,146	0,951	Fusspunkt	1,146	0,951

Wiener'scher Versuch 25.)

Subclavia.			Radialis.		
	Nr. 1. Normal	Nr. 2. Amyl-nitrit		Nr. 1. Normal	Nr. 2. Amyl-nitrit
	Zeit in Sekunden			Zeit in Sekunden	
Fusspunkt	0,00	0,00	Fusspunkt	0,00	0,00
Anfangsschwingung	0,059	0,085	—	—	—
1. minimum	0,103	0,137	—	—	—
Hauptschwingung	0,152	0,166	Hauptschlag	0,137	0,122
2. minimum	0,189	0,192	—	—	—
Zwischenschwingung	0,248	0,240	—	—	—
Inzisur = 3. min.	0,262	0,262	Inzisur = 1. min.	0,292	0,284
Nachschwingung	0,296	0,322	Nebenschlag	0,355	0,410
4. minimum	0,330	0,351	2. minimum	0,506	0,493
Eigenschwingung	0,358	0,366	—	—	—
5. minimum	0,573	0,458	—	—	—
Reflexions-schwingung	0,648	0,512	Reflexions-schwingung	0,603	0,567
6. minimum	0,906	0,582	3. minimum	0,947	0,614
Vorschwingung	0,988	0,654	Vorschwingung	1,010	0,648
Fusspunkt	1,060	0,770	Fusspunkt	1,065	0,770

Literatur.

Athanasiu u. Carvallo, Le travail musculaire et le rythme du cœur. Archiv de Physiologie X.

W. P. Bowen, A study of the pulse rate in man, as modified by muskular work. Contribution to the medical Research, University of Michigan.

Flaskamp, Der Radialispuls bei verschiedener Haltung des Armes. Dissertat. Giessen 1907.

Forster, Der Radialispuls bei eleviertem Arm. Dissertat. München 1912.

O. Frank, Der Puls in den Arterien. Zeitschrift für Biologie B. 46.

M. v. Frey, Die Untersuchung des Pulses und ihre Ergebnisse in gesunden und kranken Tagen 1892.

Geigel, Pulsfrequenz im Stehen und Liegen. Deutsches Archiv für klinische Medizin B. XCIX.

H. E. Hering, Ueber die Beziehung der extrakardialen Herznerven zur Steigerung der Herzschlagszahl bei Muskeltätigkeit. Pflügers Archiv B. 60. 1895.

Homberger, Bradykardie und Beeinflussung des Pulses durch äusseren Druck auf die Blutgefässe. Deutsche medizinische Wochenschrift XXXVI.

v. Kries, Studien zur Pulslehre, Berlin 1892.

O. Müller u. Weiss, Ueber die Topographie, die Entstehung und die Bedeutung des menschlichen Sphygmogramms, Deutsches Archiv für klinische Medizin B. 105.

V. Pachon, Etudes de mécanique cardíaque et vasculaire. Journal de Physiologie I. 1898.

E. Piasecki, Sur l'influence de certains genres du travail musculaire sur le rythme du cœur. Poln. Archiv für biolog. und medizinische Wissenschaft II.

Eb. Veiel, Ueber die Bedeutung der Pulsform. Deutsches Archiv für klinische Medizin B. 105.

Lebenslauf.

Verfasser wurde am 25. Januar 1889 zu Frankenthal in der Rheinpfalz geboren. Nach Absolvierung des humanistischen Gymnasiums zu Ludwigshafen a. Rh bezog er im Wintersemester 1907 die Universität München Nach 1 semestrigem Philosophiestudium oblag er zu München 9, zu Kiel 1 Semester dem Studium der Medizin. Frühjahr 1913 bestand er das medizinische Staatsexamen zu München.